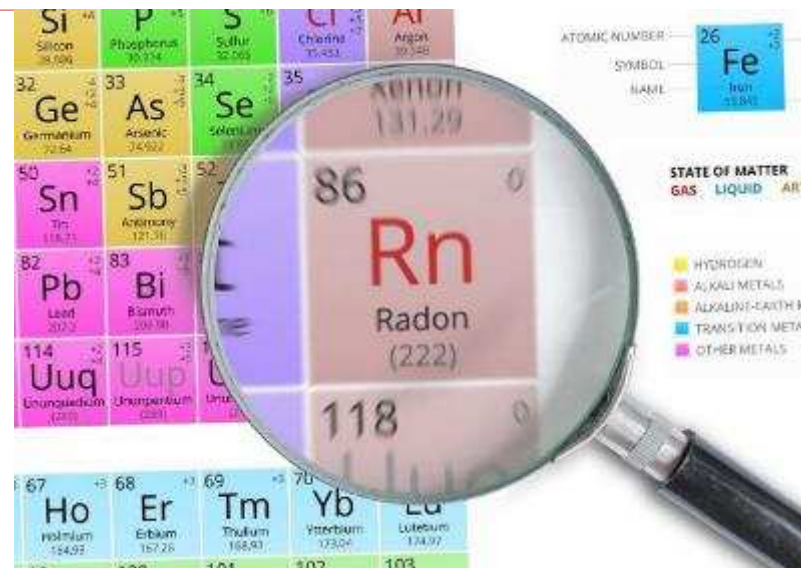


SST | Salut i seguretat
en el treball



Transports Metropolitans
de **Barcelona**



AVALUACIÓ GAS RADÓ EN INSTAL·LACIONS DE TMB

Octubre 2023

PRESENTACIÓ

Avaluació exposició gas Radó

Índex de continguts:

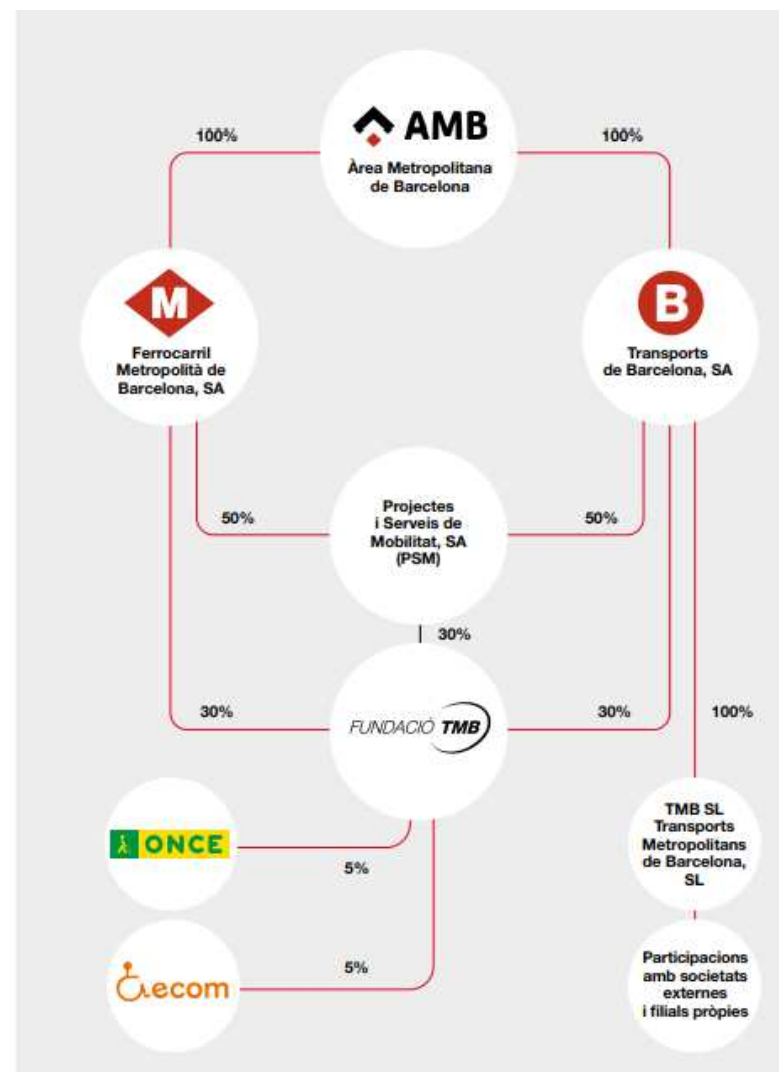
1. Transports Metropolitans de Barcelona
2. Antecedents i estudis previs
3. Objectiu i Abast de l'estudi
4. Definició de l'estudi – Estratègia Inicial
5. Metodologia de mostreig
6. Resultats obtinguts
7. Conclusions



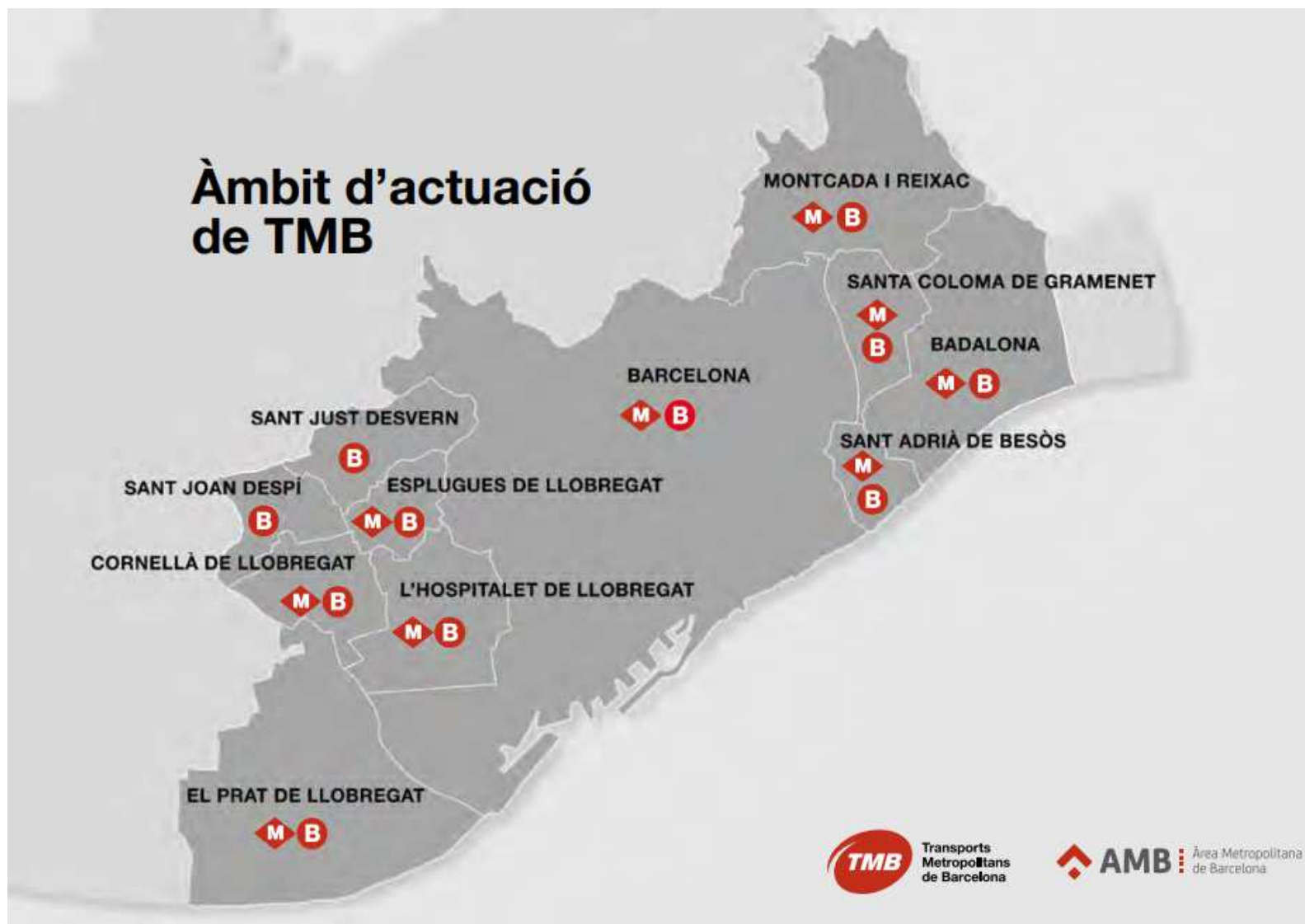
QUI SÓM?

Transports Metropolitans de Barcelona (TMB) és la denominació comuna de les empreses Ferrocarril Metropolità de Barcelona, SA, i Transports de Barcelona, SA, que gestionen la xarxa de metro i autobús de l'àrea metropolitana de Barcelona.

També inclou les empreses **Projectes i Serveis de Mobilitat, SA**, que gestiona el Telefèric de Montjuïc; **Transports Metropolitans de Barcelona, SL**, que gestiona productes tarifaris i altres serveis de transport, així com la **Fundació TMB**, que vetlla pel patrimoni històric de TMB i promou els valors del transport públic a través d'activitats social i culturals.



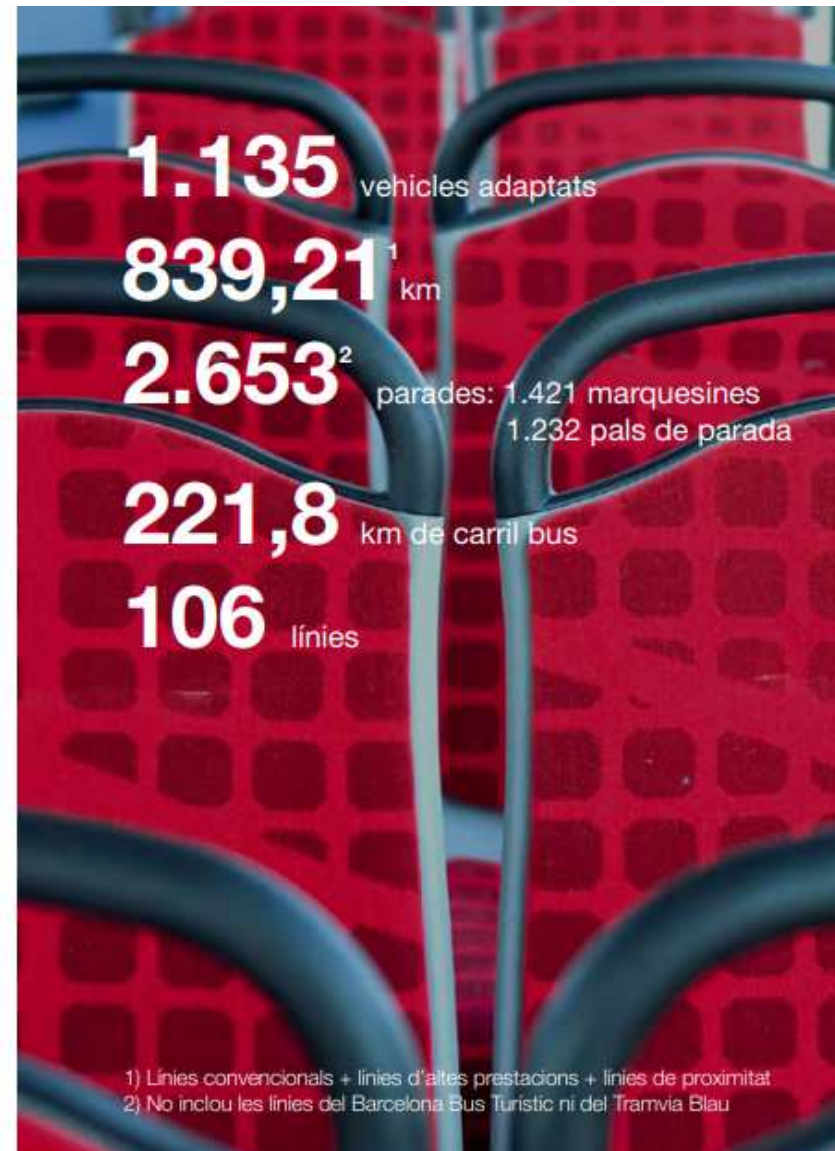
ON ESTEM?



Autobusos de Barcelona

Amb una flota de més de 1.100 vehicles, tots adaptats per a persones amb mobilitat reduïda, amb informació visual i acústica i 106 línies, la xarxa d'autobusos de TMB dóna servei a Barcelona i a 10 ciutats de la seva àrea metropolitana.

Font: TMB (2021)



Xarxa de metro de Barcelona

La xarxa de metro de Barcelona disposa de vuit línies (cinc línies convencionals i tres d'automàtiques) i també integra en el seu servei el Funicular de Montjuïc. En total, són 165 estacions i més de 165 trens funcionant en hora punta.



Transports d'oci

Barcelona Bus Turístic

El Barcelona Bus Turístic és l'autobús turístic oficial de la ciutat. Ofereix tres rutes diferents per planificar la visita a Barcelona amb un sol bitllet, i també un itinerari nocturn a l'estiu.

3 itineraris
65 autobusos descoberts de doble pis
642.285 passatgers anuals

Barcelona Night Tour Bus

(Servei especial nocturn a l'estiu)

www.barcelonabusturistic.cat

Font: TMB (2021)

Telefèric de Montjuïc

Barcelona des del cel
Renovat l'any 2007 amb les mesures de seguretat i accessibilitat més exigents, el telefèric uneix la ciutat amb el cim de la muntanya de Montjuïc i mostra una panoràmica única de Barcelona. El Telefèric de Montjuïc disposa de tres estacions:
Parc Montjuïc - Castell - Mirador

549.858 passatgers anuals
752 metres de longitud
84,55 metres de desnivell
12 suports
55 cabines
8 persones de capacitat a les cabines
2.000 persones/hora/sentit
48 metres de distància mínima entre cabines
2,5-5 metres/segon

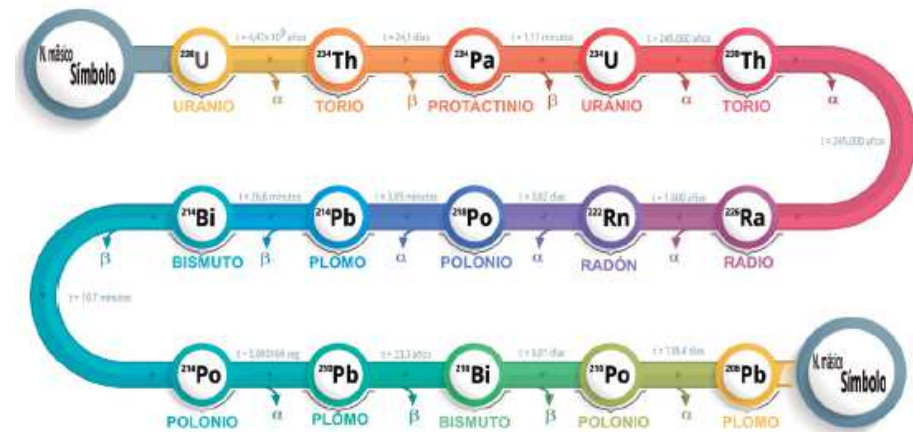
Font: TMB (2021)

QUE ÉS EL RADÓ?

- És un element químic radioactiu, gasos, insípid i incolor i més dens que l'aire.
- El Radó (Rn) ve de la desintegració del Urani 238
- Té molta mobilitat, s'infiltra a través de porus i esclotxes dels materials
- Té un temps de vida mig de quasi 4 dies, i en zones tancades i de baixa ventilació pot acumular-se
- Les roques granítiques presenten major contingut d'Urani i major porositat

TIPO DE ROCA	Cantidad de ²³⁸ U (ppm)
Graníticas	5,0
Arcillas	3,7
Basálticas	1,0
Areniscas	0,5
Ultrabásicas	0,001

- Concentracions elevades poden provocar càncer de pulmó. És la principal causa d'aquest en persones no fumadores



ANTECEDENTS I ESTUDIS PRÈVIS

- ❑ **Niveles de Radón en el Metro de Barcelona** (*C. Baixeras, V. Moreno, Ll. Font, A. Pascual*) Estudi/Article realitzat pel Grup de Física de les Radiacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, el Centro Nacional de condiciones de Trabajo i el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene (Any 2005)
 - Mesura realitzada a 17 ubicacions diferents de la xarxa de metro
 - Resultats obtinguts sense risc pels treballadors i el públic en general
 - Necessitat de realitzar un estudi més detallat
- ❑ **El Radó en activitats laborals: Instrumentació, Protecció Radiològica i Geologia** (*V. Moreno*) Tesi Doctoral, Departament de Física de la Universitat Autònoma de Barcelona. (Any 2012)
 - Resultats anteriors comparats amb altres escenaris laborals fora de la xarxa de metro
- ❑ **Avaluació de l'exposició a Radó en dos estacions de la xarxa de metro** (Any 2021)
 - Mesura realitzada a 5 ubicacions distribuïdes a dos estacions
 - Es va tenir en compte paràmetres de profunditat, ventilació, geologia i personal exposat
 - Resultats obtinguts sense risc



CONCLUSIONS DELS ESTUDIS PRÈVIS

- Tots els valors obtinguts es troben molt per sota del valor límit de referència actual.
- No s'han realitzat mostrejos a la zona més propera de Collserola.
- No s'han contemplat punts on hi ha aigües freàtiques
- Molts punts mostrejats en zona d'andana (major ventilació).
- Necessitat de disposar d'un estudi amb un abast major.



OBJECTIU I ABAST



ABAST

Determinat a la Guia de seguretat 11.4 del CSN. Metodologia de l'avaluació de l'exposició a Radó en els llocs de treball

- Llocs subterranis, on s'exploti o tractin aigües d'origen subterrani i zones on, a priori, per geologia es pugi generar gran quantitats de radó)
- Els llocs de treball a l'aire lliure queden exclosos de l'àmbit d'aplicació

OBJECTE

- Contemplar totes les instal·lacions de TMB i obtenir un estudi complet i de màxim abast
- Determinar l'existència d'algun lloc amb exposició a Radó



ON ENS APLICA?

- Xarxa subterrània de metro:
 - Zones públiques generals (andana i vestíbuls estacions)
 - Zones tècniques d'accés restringit (cambres de comunicacions, de baixa i d'alta tensió)
 - Zones de personal (Vestuaris, àrees de descans, despatxos, sales formacions, etc)
 - Zona de recollida i bombeig d'aigües filtrades de pluvials i freàtiques

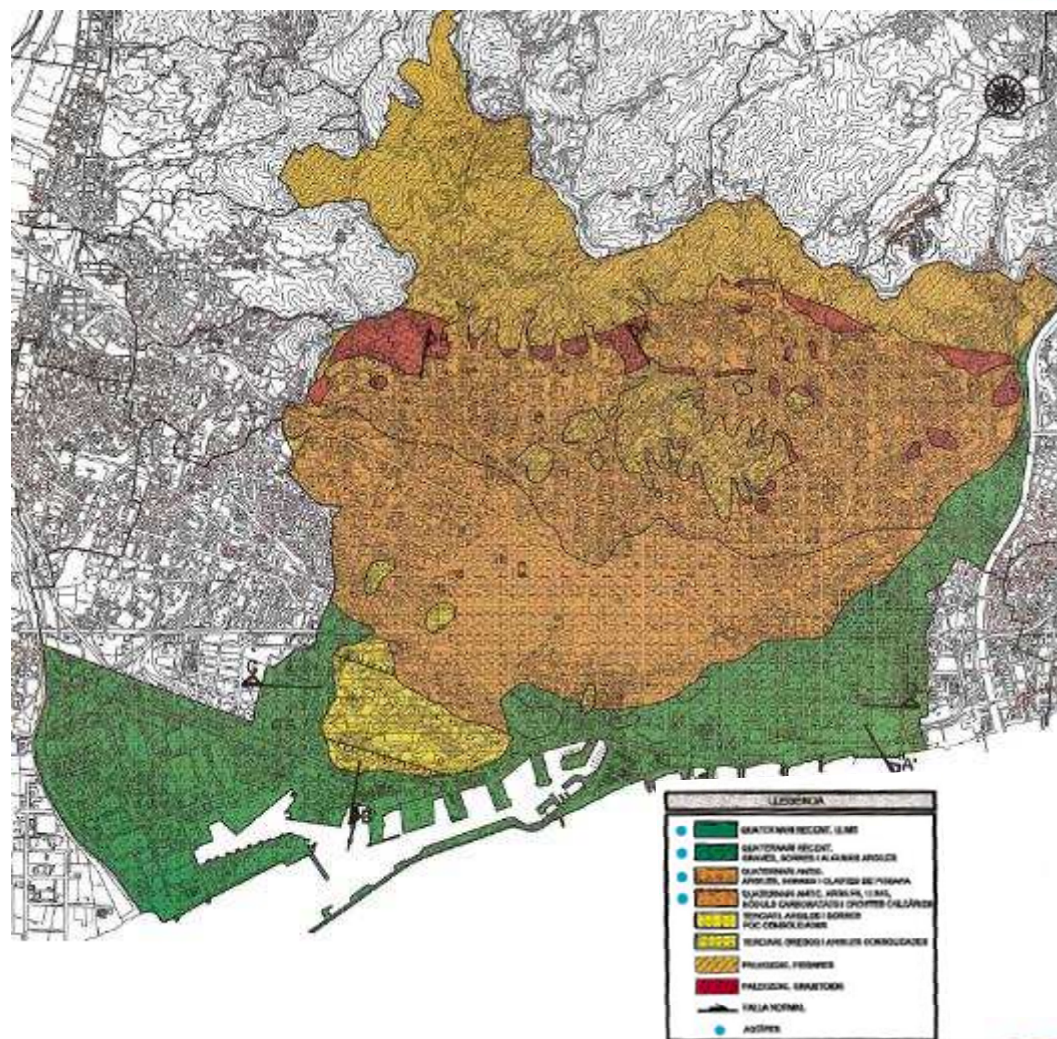
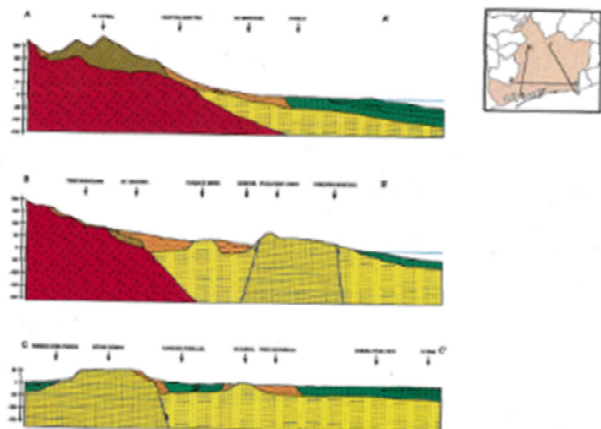


- Dependències de metro, bus i corporatives (edificis):
 - Plantas subterrànies a cotes negatives (magatzems, pàrquings, arxius, etc)



FONT: AREA DE PROJECTES DE XARXA DE METRO BARCELONA

- Mapa amb les característiques geològiques del terreny
- Dades extretes del fons documental de l'Ajuntament de Barcelona (1998)
- Només ciutat de Barcelona i L'Hospitalet de Llobregat
- Observació de possibilitat de presència de capes granítiques no superficials a major profunditat

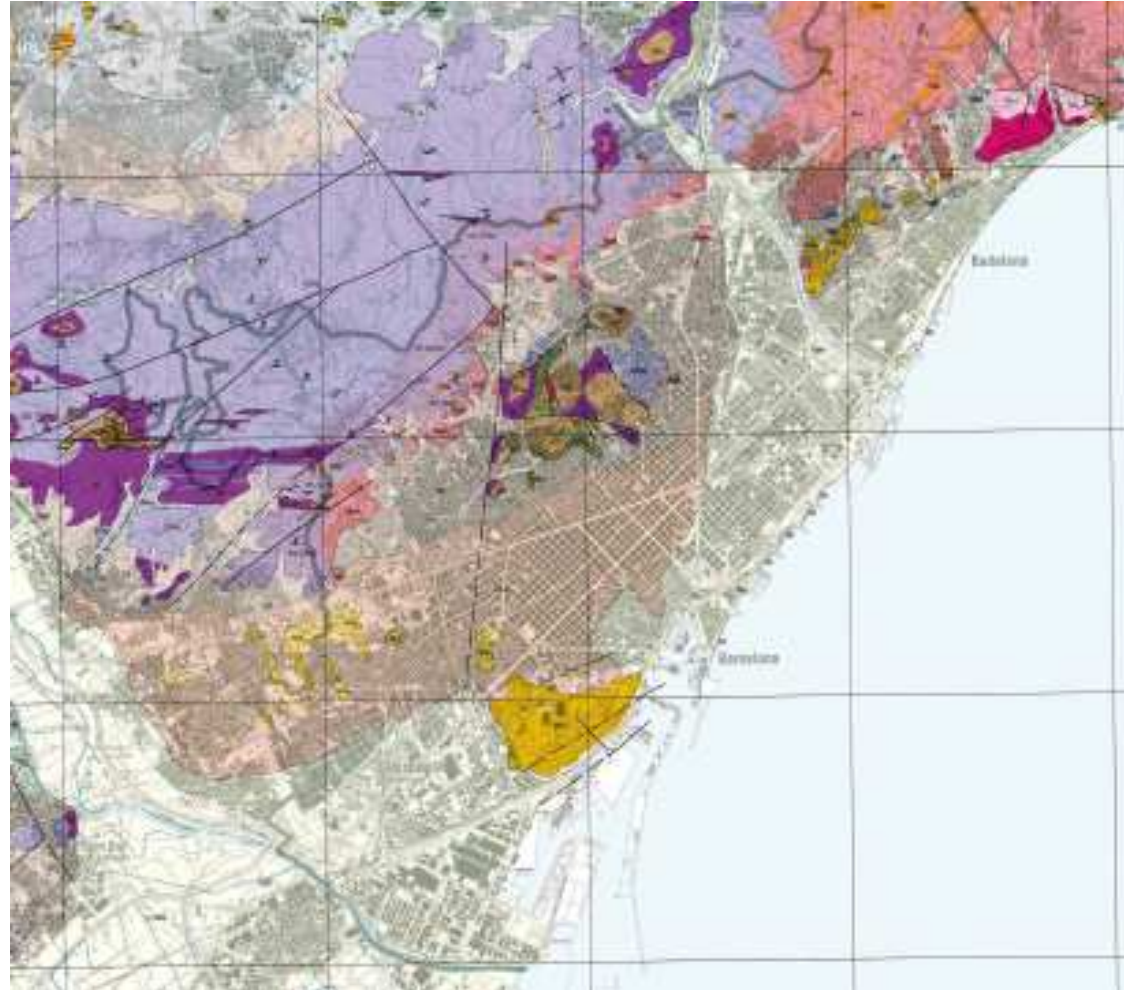


FONT: INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA

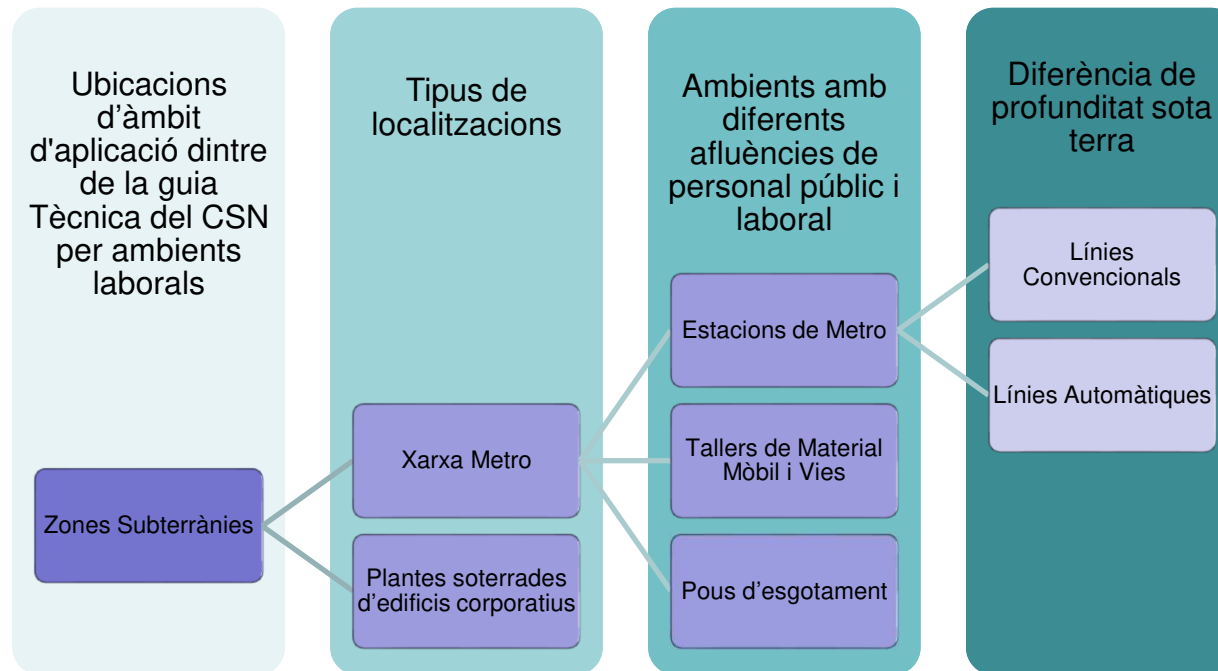
- Mapa molt detallat de les característiques geològiques del terreny de tota Catalunya
- Zones granítiques amb color salmó
- Zones puntuals de les faldes de Collserola (Can Carelleu, Pedralbles, Valcarca, Valldaura, Ciutat Meridiana)
- Zona de Santa Coloma i algunes parts de Badalona

ANÀLISI

- El mapa potencial del Radó del CSI no acaba de coincidir amb les zones granítiques
- No es poden descartar les zones situades al sud ja que segons el CSI són P90 de 200 Bq/m³
- Des d'un punt de vista geològic, les dependències amb una major probabilitat de radó seran les que es trobin més pròximes a zones granítiques i a una major profunditat



B. Tipologia d'estacions i localitzacions



ANÀLISI

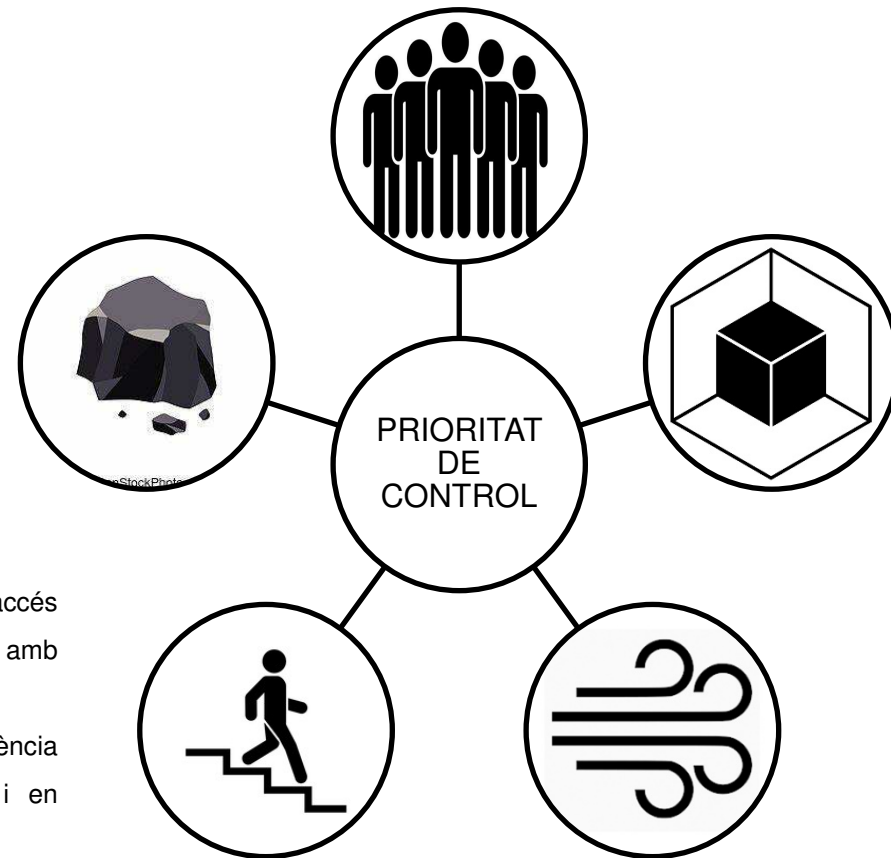
- Les dependències de TB (Transports de Barcelona) surten fora de l'àmbit d'aplicació
- Dependències corporatives i Transports singulars: Només aplica planta soterrania de l'Edifici Zona Franca (Manteniment, Arxiu i Billetatge) i Punts TMB
- Les plantes més soterrades són les estacions, de les quals les automàtiques (L9, L10 i L11) són molt més profundes que les convencionals (L1, L2, L3, L4 i L5)

C. Tipologia d'estances transitades

- Hi ha diferents factors que poden comportar un escenari més desfavorable per l'exposició a gas Radó
 - Major aflluència de persones
 - Volum d'aire reduït
 - Escassa ventilació
 - Major profunditat
 - Proximitat a roques granítiques
- La suma de més d'un factor tindrà major prioritats a l'hora d'escollir els punts de control

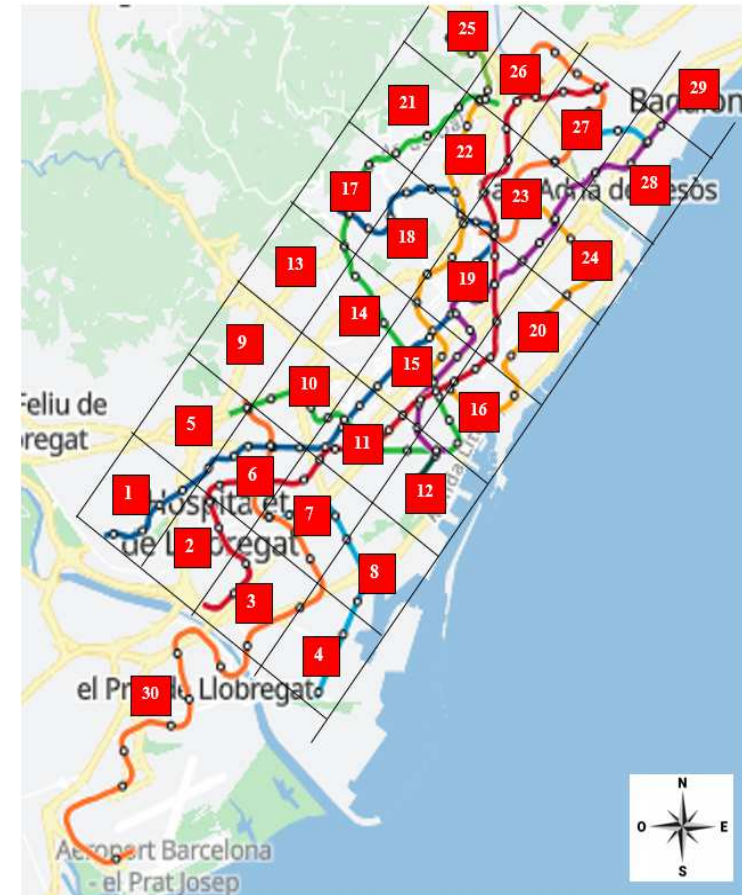
ANÀLISI

- Les cambres de Baixa Tensió a les estacions presenten una accés diari i es troben en espais reduïts, a zones profundes i amb escassa ventilació
- Els Centres de Gestió de l'Estació (CGE) tenen una gran aflluència i permanència de persones amb volums d'aire reduïts i en ocasions ventilació limitada



D. Punts de control

- Les zones granítiques es troben situades a l'extrem nord-oest de la xarxa de Metro
- Amb el mapa proposat pel CSN no es pot descartar la P90 a concentracions properes a 300 Bq/m³, i per tant s'amplia la zona d'estudi a l'extensió total de les instal·lacions de TMB, FMB i TB
- S'ha dividit l'extensió en àrees entre 7 i 8 km²
- Es creen 30 àrees on per a cadascuna s'han de determinar punts de control
- Alguns de les àrees determinades no es realitzen punts de control perquè no es disposen instal·lacions soterrades



criteri de major profunditat

criteri de major afilència de persones

criteri de proximitat a zones granítiques

★ Pous d'esgotament interessants

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Gavarrà (L5)	Rbla Just Oliveres (L1)	Taller Vies Hospital de Bellvitge	Es descarten punts per no disposar d'ubicacions soterrades
Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
Zona Universitària (L9S)	Collblanc (L9S) ★	Foc (L10S)	Edifici Zona Franca II
Zona Universitària (L3)	Collblanc (L5)	Edifici Santa Eulàlia	
Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12
Es descarten punts per no disposar d'ubicacions soterrades	Plaça del Centre (L3)	Espanya (L3)	Paral·lel (L2)
Zona 13	Zona 14	Zona 15	Zona 16
Penitents (L3)	Fontana (L3)	Passeig de Gràcia (L3)	Representat a la Zona 20
		Passeig de Gràcia (L4)	
Zona 17	Zona 18	Zona 19	Zona 20
Mundet (L3)	El Coll La Teixonera (L5)	Taller Sagrera	Poblenou (L4)
Valldaura (L3) ★		La Sagrera (L10N)	
Vall d'Hebron (L5)		Punt TMB Sagrera	
Zona 21	Zona 22	Zona 23	Zona 24
Canyelles (L3)	Taller Roquetes	Taller Triangle	Besòs Mar
Zona 25	Zona 26	Zona 27	Zona 28
Ciutat Meridiana (L11)	Singuerlin (L9N)	Fondo (L1)	Gorg (L10N)
	Taller Can Zam	Fondo (L9N)	
Zona 29	Zona 30		
Badalona PF (L2)	El Prat Estació (L9N)		



METODOLOGIA DE MOSTREIG



EQUIPS DE LECTURA DIRECTE

- Permeten obtenir resultats de forma immediata
- Es poden
- No són equips autònoms, necessitat de corrent
- Permet fer seguiment de l'evolució de la concentració durant un període de temps
- Valors puntuals del moment de col·locació del Monitor Passiu
- Es fan mostrejos en un període de temps de una setmana dels punts amb valors puntuals més elevats (superiors a 150 Bq/m³)

MONITORS PASSIUS

- Equips autònoms
- Anàlisi al laboratori acreditat
- Període mínim de mostreig de 6 mesos (230 – 270 dies). Dintre d'aquest període ha de comprendre els mesos de Gener i Febrer



RESULTATS OBTINGUTS

UBICACIÓ	INICI	FINAL	LECTURA DIRECTE (Bq/m ³)	MONITOR PASSIU (Bq/m ³)
Gavarra / CGE	07/06/22	07/03/23	23 ± 17	15 ± 4
Collblanc / CGE	08/06/22	07/03/23	39 ± 20	60 ± 3
Zona Unversitària / Sala Descans	07/06/22	07/03/23	37 ± 15	26 ± 4
Edifici ZF II / Billetatge	14/06/22	08/03/23	17 ± 12	14 ± 2
Foc / CGE	14/06/22	08/03/23	31 ± 16	16 ± 2
Taller Sta Eulàlia / Petit magatzem	08/06/22	07/03/23	79 ± 26	140 ± 3
Plaça del Centre / CGE	17/06/22	07/03/23	59 ± 22	20 ± 2
Penitents / CGE	13/10/22	02/05/23	29 ± 18	27 ± 2
Fontana / Cambra BT	13/10/22	02/05/23	108 ± 29	96 ± 4
Passeig de Gracia / Sala Descans	13/10/22	03/05/23	40 ± 24	39 ± 2
Poblenou / Sala Descans	13/10/22	03/05/23	28 ± 22	21 ± 2

RESULTATS OBTINGUTS

UBICACIÓ	INICI	FINAL	LECTURA DIRECTE (Bq/m ³)	MONITOR PASSIU (Bq/m ³)
Besòs Mar / Sala Descans	13/10/22	03/05/23	--	93 ± 4
Mundet / Oficina Diàfana	13/10/22	04/05/23	157 ± 30	129 ± 5
Coll Teixonera / CGE	13/10/22	04/05/23	41 ± 25	< 10
Punt TMB Sagrada Família / Sala Objectes Perduts	13/10/22	04/05/23	--	15 ± 2
Taller Sagrera / Magatzem	13/10/22	04/05/23	44 ± 22	57 ± 3
Canyelles / Cambra BT	04/11/22	31/05/23	28 ± 19	17 ± 2
Ciutat Meridiana / Sala Formació	04/11/22	31/05/23	22 ± 13	39 ± 3
Taller Roquetes / Electrònica	04/11/22	31/05/23	52 ± 20	57 ± 3
Singuerlin / Cambra BT	04/11/22	01/06/23	36 ± 17	14 ± 3
Fondo (L1) / Sala Descans	04/11/22	01/06/23	< 20	21 ± 2
Valldaura / Pou Esgotament	10/11/22	09/06/23	--	45 ± 3

RESULTATS OBTINGUTS

UBICACIÓ	INICI	FINAL	LECTURA DIRECTE (Bq/m3)	MONITOR PASSIU (Bq/m3)
Església Major / Pou Esgotament	15/11/22	01/06/23	--	< 10
Badalona PF / CGE	15/11/22	01/06/23	20 ± 14	38 ± 3
Gorg / Sala Descans	15/11/22	01/06/23	29 ± 21	13 ± 2
Taller Triangle / Menjador	15/10/22	06/06/23	< 44	19 ± 2
El Prat / Sala Descans	15/11/22	07/06/23	--	22 ± 2

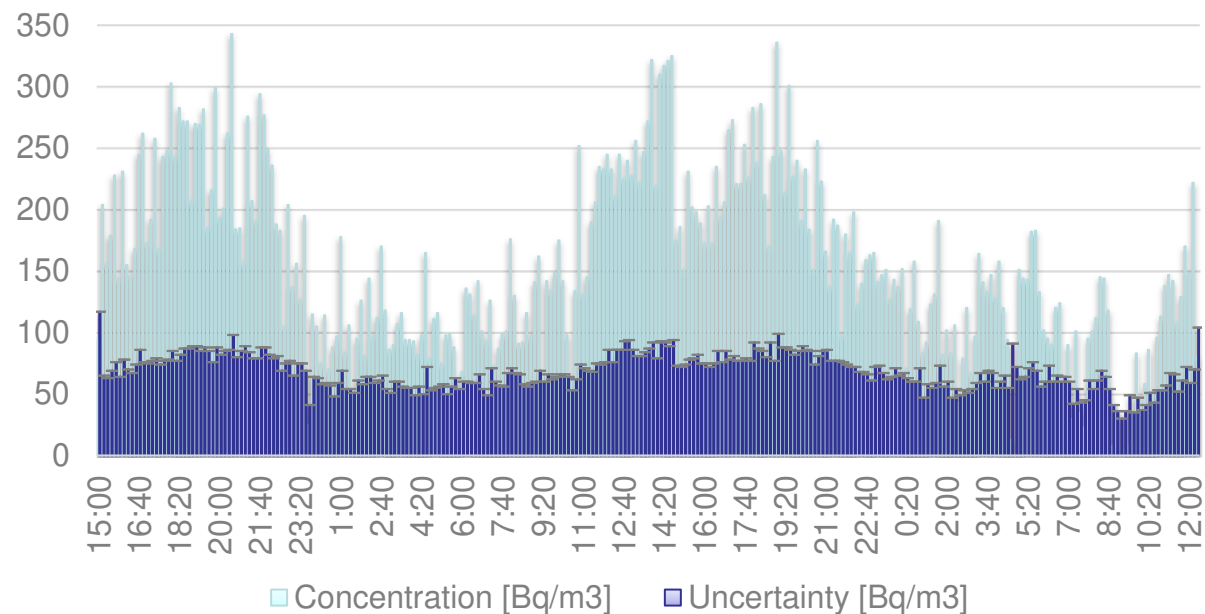
ANÀLISI

- Totes les mesures es troben per sota del valor màxim de referència de 300 Bq/m3
- Les incerteses dels monitor passius són considerablement baixes per períodes superiors a 6 mesos
- Els resultats obtinguts de l'equip de lectura directe s'aproximen bastant als obtinguts pel monitor passiu.
- Respecte a l'estratègia inicial de mostreig hi ha 3 punts que no s'han pogut mostrejar ja que no es va localitzar el monitor passiu



RESULTATS OBTINGUTS

Oficina diàfana – Mundet (08/11/22 – 10/11/22)



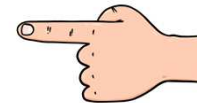
ANÀLISI

- Fluctuacions significatives de la concentració en funció del temps
- Incertesa de la mesura amb poca variabilitat (entre 50 i 70)
- Concentracions més elevades en horari entre les 10:00 i les 22:00.
- Moments del dia que es sobrepassa els 300 Bq/m³



CONCLUSIONS

- No s'han detectat punts que superin el valor de referència i per tant, a priori la situació és acceptable.
- Les mesures realitzades amb l'equip de lectura directe són una eina complementària molt efectiva
- Es realitzarà un estudi amb profunditat a Mundet
 - Fer un mapeig de concentració en diferents dependències
 - Analitzar si la concentració de radó es propaga a través del sistema de ventilació
- Per les zones amb major profunditat no es detecta valors grans (<100 Bq/m³)
 - Les zones de major profunditat estudiades corresponen a estacions de línies automàtiques.
- Les instal·lacions més noves (posteriors a l'any 2000) tenen en compte la ventilació
 - Les mesures puntuals realitzades a estacions automàtiques tenen valors inferiors que les convencionals inclús en les mateixes zones de terreny
- Les zones més allunyades del terreny granític donen valors més baixos
- Espais amb escassa ventilació obtenen un valor més elevat de concentració
- El paràmetre més important de control de l'exposició és la ventilació



GRÀCIES PER LA SEVA ATENCIÓ



Eugeni Servan Terron

Higiene Industrial

Servei de Salut, Seguretat i Benestar Laboral - Àrea d'Organització i Persones

C/ Ribes, 49 – 53
Fort Pienc
08013 Barcelona

93.328.61.36 / 677.270.211
eservan@tmb.cat / www.tmb.cat